(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年1月12日(12.01.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/282294 A1

(51) 国際特許分類:
B64C 29/04 (2006.01) *B64C 39/02* (2006.01)
B64C 3/56 (2006.01) *G08G 5/00* (2006.01)
B64C 39/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/026858

(22) 国際出願日： 2022年7月6日(06.07.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-113544 2021年7月8日(08.07.2021) JP

(71) 出願人: 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (**JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY**) [JP/JP]; 〒1828522 東京都調布市深大寺東町七丁目４４番地１ Tokyo (JP).

(72) 発明者:和田 大地(**WADA Daichi**); 〒1828522 東京都調布市深大寺東町七丁目４４番地１ 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構内 Tokyo (JP). 大瀬戸 篤司(**OSEDO Atsushi**); 〒1828522 東京都調布市深大寺東町七丁目４４番地１ 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構内 Tokyo (JP).

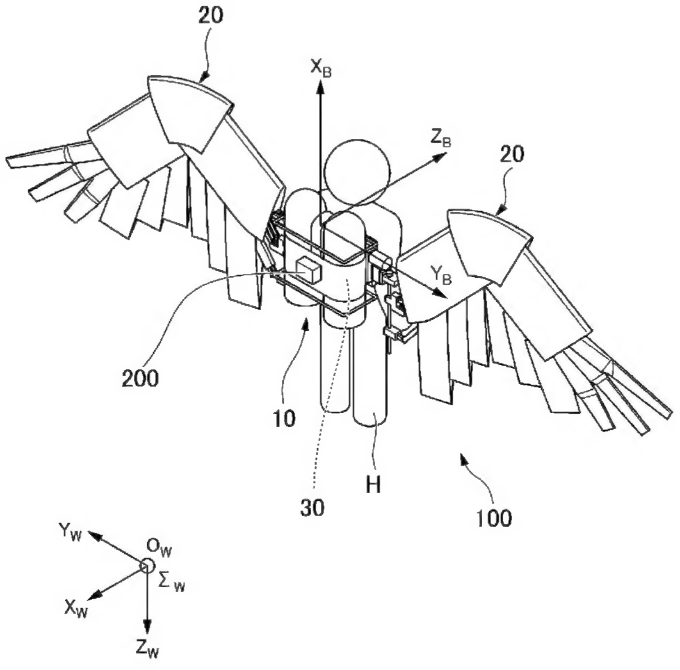
(74) 代理人: 及川 周, 外 (**OIKAWA Shu** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: FLIGHT EQUIPMENT AND OPERATION METHOD

(54) 発明の名称： 飛行機具及び運営方法

【図2】



(57) Abstract: This flight equipment (100) comprises: a thrust device (10) that provides thrust during flight; wings (20) that maintain the attitude during flight and change the direction of flight; a control part that controls the strength of output from the thrust device (10); and a wearable part (30) that can be worn by a user (H).

(57) 要約：本発明の飛行機具（１００）は、飛行時の推力を付与する推力装置（１０）と、飛行時の姿勢を維持し、かつ飛行する方向を転換する翼（２０）と、推力装置（１０）の出力の強さを制御する制御部と、使用者（Ｈ）が着脱可能な着脱部（３０）と、を備える。

WO 2023/282294 A1

［続葉有］

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称 ： 飛行機具及び運営方法

技術分野

[0001] 本発明は、飛行機具及び運営方法に関する。

本願は、２０２１年７月８日に、日本に出願された特願２０２１－１１３５４４号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 人間が推進系を装着して飛行する飛行機具が開発されている（例えば、非特許文献１～３）。当該飛行機具は、例えば、山岳救助への貢献を目的として、救助隊員の移動を助ける目的に用いられる。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：Flight Club - Gravity Industries, [online]. [Retrieved on 18 June 2021], Retrieved from the internet : <URL: https://gravity.co/>

非特許文献2：Home - Speeder, JetPack Aviation , [online]. [Retrieved on 18 June 2021], Retrieved from the internet : <URL: https://jetpackaviation.com/>

非特許文献3：The first Jetman Yves Rossy, [online]. [Retrieved on 18 June 2021], Retrieved from the internet : <URL: https://yvesrossy.com/>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の飛行機具は、ジェットエンジンによって推力を得ることに加えて、ジェットエンジンによって飛行中の姿勢制御及び方向転換を行っている。このため、燃費の観点から飛行時間が限られる。

また、飛行機具は操縦者（人間）が装備した状態で運用されるのが前提と

なっている。このため、操縦者による姿勢制御が難しく、十分な飛行性能が得られなかったり、習熟に時間が必要であったりする旨の課題がある。

[0005] 本発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、高い飛行性能を有し、習熟に長時間を要する高い操縦技能を必要としない飛行機具を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 前記課題を解決するために、本発明は以下の手段を提案している。

本発明に係る飛行機具は、飛行時の推力を付与する推力装置と、飛行時の姿勢を維持し、かつ飛行する方向を転換する翼と、前記推力装置の出力の強さを制御する制御部と、使用者が着脱可能な着脱部と、を備える。

[0007] この発明によれば、翼を備えることで、飛行時に空気力を受けることができる。よって、翼を備えず、ロケットのような弾丸軌道を飛行する場合と比較して、効果的かつ安定的に姿勢制御をすることができる。また、垂直離着陸を初めとした離着陸時においても、姿勢を安定させることができる。更に、翼によって揚力が生じることで、飛行に必要な推力を削減し、推力装置の燃費を向上することができる。よって、飛行時間、滞空時間を向上することができる。これらから、高い飛行性能を備えることができる。

[0008] また、制御部によって推力の強さを制御する。これにより、使用者によっては加速又は減速といった単純な操作と、翼による方向転換のみを操作すればよいことから、より直感的な操作とすることができる。よって、高い操縦技能を必要としない飛行機具とすることができる。

更に、使用者が容易に着脱可能な着脱部を備える。これにより、複数人によって飛行機具を共有することができる。

[0009] また、前記制御部が、前記翼による飛行姿勢及び飛行方向と、前記推力装置の出力と、を制御してもよい。

[0010] この発明によれば、制御部が、翼による飛行姿勢及び飛行方向の制御と、推力装置の出力の制御と、を制御する。これにより、飛行機具による自律飛行が可能である。これにより、使用者によって操作を行うことなく飛行する

ことができる。よって、使用者の操縦技能を不要とすることができる。

[0011] 更に、使用者に装着されず、飛行機具のみによって自律単独飛行することができる。つまり、複数の使用者（例えば、救助隊員）が出発地から目的地に移動しようとするとき、一人の使用者が出発地から目的地まで移動した後、飛行機具のみが自律飛行によって出発地に戻ることができる。よって、出発地から目的地まで複数の使用者が移動する時であっても、１つの飛行機具によって対応することができる。よって、飛行機具を複数準備することなく、効率的な救助活動などに寄与することができる。

[0012] また、前記飛行機具の姿勢を検知する姿勢センサを更に備えてもよい。

[0013] この発明によれば、姿勢センサを更に備える。姿勢センサの検知する情報を制御部による制御に用いることで、より安定した自律飛行とすることができる。更に、使用者による操縦によって飛行する際も、姿勢センサの情報を補助的に用いることで、より安定した飛行とすることができる。

[0014] また、飛行する地点を把握する位置センサを更に備えてもよい。

[0015] この発明によれば、位置センサを更に備える。これにより、例えば、出発地及び目的地を予め飛行機具に登録することで、制御部によって最短経路を選択した飛行をすることができる。

[0016] また、外部と通信する通信部を更に備えてもよい。

[0017] この発明によれば、通信部を更に備える。これにより、使用者による操縦や、制御部による制御による飛行に加えて、外部からの遠隔操作による飛行を行うことができる。

[0018] また、前記翼は折り畳みが可能であってもよい。

[0019] この発明によれば、翼は折り畳みが可能である。よって、飛行機具を運搬する際の機動性を向上することができる。さらに、高速飛行時は翼を格納することで抵抗を減らし、低速飛行時や離着陸時は翼を展開して空気力を得やすくするといった操作をすることができる。よって、より機動性を向上することができる。

[0020] また、本発明に係る運営方法は、前記飛行機具を複数の前記使用者が共有

する運営方法であって、使用者が前記飛行機具を装着して前記飛行機具によって出発地から目的地まで飛行した後、前記飛行機具のみが前記目的地から前記出発地まで飛行する。

[0021] この発明によれば、使用者が飛行機具を装着して飛行機具によって出発地から目的地まで飛行した後、飛行機具のみが目的地から出発地まで飛行する。これにより、複数の使用者によって１つの飛行機具を共有することができる。よって、飛行機具を複数用意することを必要とせず、複数の人員を移動させることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、高い飛行性能を有し、習熟に長時間を要する高い操縦技能を必要としない飛行機具を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明に係る飛行機具の一実施形態の模式図である。

[図2]本発明に係る飛行機具の一例を示す全体概要図である。

[図3]制御の第１例の飛行制御装置の構成の一例を示す図である。

[図4]クォータニオンフィードバックを用いた姿勢制御系の一例を示す図である。

[図5]制御部の一連の処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]飛行機具の飛行の様子を模式的に示す図である。

[図7]制御の第２例の飛行制御装置の構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、図面を参照し、本発明の一実施形態に係る飛行機具を説明する。

図１に示すように、飛行機具１００は、使用者Ｈが装着して空中を飛行し、出発地Ａから目的地Ｂまで移動するために用いる。また、複数の使用者Ｈが飛行機具１００を使用することができる。例えば、一人の使用者Ｈが飛行機具１００を装着して出発地Ａから目的地Ｂまで移動した後、使用者Ｈが飛行機具１００を取り外す。その後、飛行機具１００のみによって自律単独飛行を行い、目的地Ｂから出発地Ａまで戻る。このように、１つの飛行機具１

００を複数人で共有して使用する。

[0025] 本実施形態に係る飛行機具１００は、一例として、以下の用途に用いる。すなわち、例えば、山岳救助隊が、山のふもとに設置された本部基地（出発地Ａ）から登山道内の救助現場（目的地Ｂ）に空路で向かうために用いる。また、１人目の救助隊員が目的地Ｂに到着した後、飛行機具１００が単独で出発地Ａまで戻ることで、２人目の救助隊員が救助現場に向かう。これを繰り返すことで、１つの飛行機具１００によって複数の救助隊員を目的地に出動させるために用いる。また、前述の用途に加え、地上の要救助者を空中で待機中のヘリコプターまで移送するために用いてもよい。

[0026] 図２及び図３に示すように、飛行機具１００は、推力装置１０と、翼２０と、制御部２３０と、着脱部３０と、検出部２０４と、通信部２０２と、記憶部２０６と、電源２０８と、駆動部２１０と、を備える。なお、以下において、飛行機具１００を制御するために用いる制御部２３０と、通信部２０２と、検出部２０４と、記憶部２０６と、電源２０８と、駆動部２１０とを、飛行制御装置２００と呼称することがある。

[0027] 図２に示すΣ_Wは慣性座標系の一つの地球固定座標Σ_Wを表し、O_Wは地球固定座標Σ_Wの原点を表し、X_W軸は真北を表し、Y_W軸は東を表し、Z_W軸は鉛直下方を表している。また、慣性主軸を飛行機具１００の機体固定座標系として定義した場合、図中X_B軸は、飛行機具１００の重心を原点としたときの機体の慣性主軸を表し、Z_B軸は、機体の下方向を表し、Y_B軸は、機体の進行方向右側の方向を表している。言い換えれば、X_B軸はロール軸X_Bを表し、Z_B軸はヨー軸Z_Bを表し、Y_B軸はピッチ軸Y_Bを表している。

[0028] 推力装置１０は、飛行時の推力を付与する。推力装置１０は、例えば、公知のジェットエンジンが好適に用いられる。推力装置１０による出力は、制御部２３０によって制御される（後述する）。

翼２０は、飛行時の姿勢を維持し、かつ飛行する方向を転換する。翼２０による方向の転換は、使用者Ｈから入力信号を受け付けた制御部２３０によって操作されてもよいし、各種センサからの取得結果を取得した制御部２３

０によって制御されてもよい。

本実施形態において、翼２０の大きさは、飛行機具１００を使用する使用者Ｈの身長、体重等をはじめとする体格を考慮の上適宜決定される。

[0029] 本実施形態において、翼２０はリンク機構を備え、鳥の羽根のように折り畳みが可能である。上述の翼幅は、翼２０を広げた状態におけるものとする。翼２０を折り畳むことができることで、下記の機能を有する。すなわち、高速飛行時においては翼２０を折り畳んで小さめにすることで空気抵抗を減らし、低速飛行時及び離着陸時には翼２０を大きく展開することで空気力を得る。また、飛行機具１００の不使用時には翼２０を折り畳むことで、運搬時の機動性に寄与してもよい。また、上記に限らず、翼２０は、折り畳むことに代えて伸縮構造を備えることによって展開及び格納が可能な構造としてもよい。あるいは、折りたたみ可能な構造を備えない平板状であってもよい。

また、本実施形態に係る翼２０は、上述のリンク機構に加えて各種アクチュエータを備え、図２に示すロール軸$Ｘ_{B}$、ヨー軸$Ｚ_{B}$、ピッチ軸$Ｙ_{B}$まわりに回動することができるものとする（後述する）。

[0030] 制御部２３０は、推力装置１０の出力の強さを制御する。具体的には、高速飛行時、低速飛行時、離着陸時の各条件に合わせ、推力を強くしたり弱くしたりする。これにより、より安定した飛行に寄与する。前述の出力の制御は、使用者Ｈによるインターフェイス（不図示）を介した入力を制御部２３０が受理することによって行われてもよい。あるいは、検出部２０４（後述する）から提供される各種情報によって制御部２３０が自律制御してもよい。

[0031] また、上述のように、制御部２３０が、翼２０による飛行姿勢及び飛行方向を制御してもよい。すなわち、翼２０の形状や向きについて、使用者Ｈによるインターフェイスを介した入力を制御部２３０が受理して、制御部２３０が翼２０に備えられたアクチュエータを適宜操作することによって行ってもよい。あるいは、検出部２０４（後述する）から提供される各種情報によ

って制御部２３０が翼２０を制御してもよい（以下、使用者の入力によらないセンサ部の情報に基づく制御を自律制御という）。

このように、制御部２３０は、使用者Ｈによる操作をインターフェイスを介して受理することによって、あるいは自律制御によって推力装置１０及び翼２０を制御する。つまり、制御部２３０は、使用者Ｈによる操作を補完するために用いられてもよいし、飛行機具１００を自律単独飛行するために用いられてもよい。

[0032] 着脱部３０は、使用者Ｈが飛行機具１００を装着するために用いる。また、着脱部３０は、使用者Ｈが容易に着脱可能な構造とする。例えば、一般的なリュックサックのように肩に掛ける構造と、使用者Ｈに固定するための留め具と、を備える構造であってもよい。あるいは、各使用者Ｈが着脱部３０に対応した形状を備えた取付部材を装備した状態において、前記取付部材と着脱部３０とを適宜固定する構造としてもよい。

[0033] 検出部２０４は、飛行状態における飛行機具１００の各状態を検知する。検出部２０４は、例えば、姿勢センサと、位置センサと、加速度センサと、を備える。

姿勢センサは、飛行中の飛行機具１００の姿勢を検知する。具体的には、任意の基準姿勢（例えば、使用者Ｈが飛行機具１００を装着し、地面に対して垂直に立っている状態）、に対して、３次元の各軸方向において何度回転しているかを検知する。

[0034] 位置センサは、飛行中の飛行機具１００の位置を検知する。位置センサには、例えば、公知のＧＰＳセンサが好適に用いられる。また、出発地Ａと目的地Ｂまでの距離によっては、出発地Ａ又は目的地Ｂから電波を発信し、それをレーダによって検知することで位置を把握してもよい。これにより、出発地Ａから目的地Ｂまでの間において、飛行機具１００が予定通りの経路で移動できているか等を確認する。

[0035] 加速度センサは、飛行中の飛行機具１００の加速度あるいは速度を検知する。これにより、飛行機具１００が自律飛行を行う際の制御を補完する。

上述の各センサが検知するこれらの情報を、制御部２３０による推力装置１０及び翼２０の制御に用いることによって、飛行に係る制御を安定させる。検出部２０４の情報は、上述のように飛行機具１００の推力装置１０及び翼２０が制御部２３０によって自律制御される際に用いられてもよい。これに加えて、飛行機具１００が使用者Ｈによって操作されている場合であっても、使用者Ｈによる操作を補完するために用いられてもよい。

[0036] 通信部２０２は、飛行機具１００と外部とで通信するために用いられる。通信部２０２は、例えば、飛行中の使用者Ｈにより推力装置１０及び翼２０の操作に代えて、外部から同様の操作情報を制御部２３０に伝達するために用いられる。これにより、使用者Ｈの操縦技能が未熟であって、かつ、制御部２３０による自律単独飛行が不可能であるような場合に、外部から操縦に熟練したオペレータによる操縦を行うために用いられる。あるいは、飛行中の使用者Ｈに対して目的地Ｂの変更等といった連絡を行うために用いられてもよい。

[0037] ［飛行制御装置の構成］

以下、図３、図４、図５、図６、図７を用いて、飛行制御装置２００の構成について説明する。下記の制御は、上述の飛行機具１００が自律単独飛行をする際に適用される制御の一例である。つまり、飛行機具１００の制御は、下記の制御によらなくてもよい。

[0038] ［制御の第１例］

図３は、制御の第１例の飛行制御装置２００の構成の一例を示す図である。飛行制御装置２００は、例えば、通信部２０２と、検出部２０４と、記憶部２０６と、電源２０８と、駆動部２１０と、制御部２３０と、を備える。また、下記における翼２０の制御は、翼２０が図２に示すロール軸X_B、ヨー軸Z_B、ピッチ軸Y_Bまわりに回動させ、あるいは、折り畳みをすることが可能であるものとして説明する。

[0039] 通信部２０２は、例えば、ＷＡＮ（Wide Area Network）などのネットワークを介して、外部装置と無線通信を行う。外部装置は、例えば、飛行機具１

００を遠隔操作可能なリモートコントローラであってよい。例えば、通信部２０２は、外部装置から、飛行機具１００がとるべき姿勢や速度などを指示するコマンドを受信する。

[0040] 検出部２０４は、上述の各センサに加えて、例えば、慣性計測装置を備える。慣性計測装置は、例えば、三軸式加速度センサと、三軸式ジャイロセンサとを含む。慣性計測装置は、これらのセンサによって検出された検出値を制御部２３０に出力する。慣性計測装置による検出値には、例えば、水平方向、垂直方向、奥行き方向の各加速度及び／又は角速度や、ピッチ、ロール、ヨーの各軸の速度（レート）などが含まれる。検出部２０４には、更に、レーダやファインダ、ソナー、ＧＰＳ（Global Positioning System）受信機などが含まれてもよい。また、検出部２０４には、更に、翼２０のひずみを検出する光ファイバセンサや、それら翼２０にかかる圧力を検出する圧力センサが含まれてもよい。

[0041] 記憶部２０６は、例えば、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）、フラッシュメモリ、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable Programmable Read Only Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）などの記憶装置により実現される。記憶部２０６には、ファームウェアやアプリケーションプログラムなどの各種プログラムのほかに、制御部２３０の演算結果などがログとして格納される。

[0042] 電源２０８は、例えば、リチウムイオン電池などの二次電池である。電源２０８は、駆動部２１０や制御部２３０に電力を供給する。電源２０８には、更に、ソーラーパネルなどが含まれてもよい。

[0043] 駆動部２１０は、例えば、推力アクチュエータ２１２と、スイープアクチュエータ２１４と、ツイストアクチュエータ２１６と、フォールドアクチュエータ２１８と、を備える。

[0044] 推力アクチュエータ２１２は、推力装置１０を駆動させ、飛行機具１００に推力を与える。スイープアクチュエータ２１４は、ヨー軸Z_B周りに翼２０を回動させる。

[0045] ツイストアクチュエータ２１６は、ピッチ軸Ｙ$_B$周りに翼２０を回動させる。フォールドアクチュエータ２１８は、ピッチ軸Ｙ$_B$方向に翼２０を展開したり、畳んだりする。

[0046] 制御部２３０は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphics Processing Unit）などのプロセッサが記憶部２０６に格納されたプログラムを実行することにより実現される。また、制御部２３０は、ＬＳＩ（Large Scale Integration）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、またはＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）などのハードウェアにより実現されてもよいし、ソフトウェアとハードウェアの協働によって実現されてもよい。

[0047] 以下、制御部２３０の制御内容の第１例について説明する。制御部２３０は、飛行機具１００が９０度のピッチアップ状態、すなわち、飛行機具１００が推力装置１０によって真上に上昇する向きにある状態にあるときに、推力アクチュエータ２１２を制御することで推力装置１０を駆動させる。これによって、飛行機具１００は、テールシッタ方式のＶＴＯＬ（Vertical Take Off and Landing）無人機のように離陸する。テールシッタ方式とは、９０度のピッチアップ状態から離陸し、一定の高度で機首を水平に戻して翼２０が発生する揚力で飛行する飛行方式である。

[0048] このようなテールシッタ方式は、姿勢変化が大きいため、姿勢誤差の計算にＺＹＸオイラーを用いると離着陸時にＺ$_B$軸がプラスマイナス９０度の時に特異姿勢となり表現ができなくなる。また、本実施形態に係る翼２０による鳥を模倣した飛行では、大きな姿勢変動が起こる蓋然性が高くなるため、特異姿勢がない姿勢表現が必要である。この問題を解決するため、姿勢誤差の計算にクォータニオンを採用する。クォータニオンは、三次元の単位ベクトルｒとその回転角度ζを使って数式（１）で表される。

[0049] [数1]

$$q = \begin{bmatrix} \cos(\zeta/2) \\ r\sin(\zeta/2) \end{bmatrix} = [q_0 \quad q_1 \quad q_2 \quad q_3]^T \qquad (1)$$

[0050] 目標姿勢をq_rとし、現在姿勢をq_cとすると、目標姿勢と現在姿勢の偏差q_eはクォータニオン行列を用いると、数式（２）で表される。

[0051] [数2]

$$q_e = \begin{bmatrix} q_{ro} & q_{r1} & q_{r2} & q_{r3} \\ -q_{r1} & q_{ro} & q_{r3} & -q_{r2} \\ -q_{r2} & -q_{r3} & q_{ro} & q_{r1} \\ -q_{r3} & q_{r2} & -q_{r1} & q_{ro} \end{bmatrix} q_c \qquad (2)$$

[0052] 偏差q_eは、機体の現在姿勢を目標姿勢に近づけるために、現在の機体固定座標系において、どの軸周りにどれだけ回転すればよいか、ということを示している。例えば、制御部２３０は、q_eのベクトル部を機体固定座標X_B、Y_B、Z_B軸に対応させてフィードバック制御を行う。

[0053] 図４は、クォータニオンフィードバックを用いた姿勢制御系の一例を示す図である。例えば、制御部２３０は、スイープアクチュエータ２１４、ツイストアクチュエータ２１６、フォールドアクチュエータ２１８を制御して、飛行機具１００のX_B軸、Y_B軸、Z_B軸における姿勢を制御する。

[0054] 制御部２３０は、各軸に対応したアクチュエータをＰＩＤ（Proportional-Integral-Differential Controller）制御を行う。ＰＩＤ制御は、数式（３）～（５）で表される。

[0055] [数3]

$$\delta_x = -\left(K_P q_{ex} + K_I \int q_{ex}\, dt + K_D \dot{q}_{ex}\right) \qquad (3)$$

[0056] [数4]

$$\delta_y = -\left(K_P q_{ey} + K_D \dot{q}_{ey}\right) + K_J \omega_z \qquad (4)$$

[0057] [数5]

$$\delta_z = -(K_P q_{ez} + K_D \dot{q}_{ez}) + K_J \omega_y \qquad (5)$$

[0058] 式中のδ_xは、翼２０のツイストの舵角、すなわちツイスト角度を表しており、δ_yは、昇降舵の舵角を表しており、δ_zは、方向舵の舵角を表している。K_Pは比例ゲインを表し、K_Iは積分ゲインを表し、K_Dは微分ゲインを表している。K_jは機体のジャイロモーメントを補正するためのゲインである。

[0059]　Y_B軸及びZ_B軸の制御には、右辺の第三項に推力ジャイロ効果の影響を考慮した補正項（$K_j \omega_y$、$K_j \omega_z$）を追加している。ω_zは、Z_B軸周りの機体の回転速度である。ω_yは、Y_B軸周りの機体の回転速度である。

[0060]　例えば、制御部２３０は、図４に示すように、飛行機具１００の現在位置と目標位置との誤差距離を用いて目標姿勢を計算する。そして、制御部２３０は、計算した目標姿勢を基に、ツイストアクチュエータ２１６を制御して、飛行機具１００の姿勢を制御する。なお、目標姿勢は、コマンドとして外部装置から指示されてもよい。

[0061]　［制御部の処理フロー］

以下、制御部２３０の一連の処理の流れをフローチャートを用いて説明する。図５は、制御部２３０の一連の処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートの処理は、例えば、所定の周期で繰り返し行われてよい。

[0062]　まず、制御部２３０は、通信部２０２を介して外部装置からコマンドを取得する（ステップＳ１００）。コマンドには、例えば、飛行機具１００の取るべき姿勢、すなわち目標姿勢q_rが含まれる。

[0063]　次に、制御部２３０は、検出部２０４の検出結果をもとに、飛行機具１００の現在姿勢q_cを計算し、計算した現在姿勢q_cと目標姿勢q_rとの偏差q_eを計算する（ステップＳ１０２）。偏差q_eには、機体固定座標X_B、Y_B、Z_B軸に対応したクォータニオンq_{ex}、${}_{ey}$、${}_{ez}$が含まれる。

[0064]　次に、制御部２３０は、計算した偏差q_eを基に、ツイストの舵角δ_x、昇降舵の舵角δ_y、方向舵の舵角δ_zを制御量として、ＰＩＤ制御によって計算する（ステップＳ１０４）。

[0065]　次に、制御部２３０は、計算した各舵角δ_x、δ_y、δ_zに基づく制御信号を各アクチュエータに送り、各アクチュエータを制御する（ステップＳ１０６）。これによって本フローチャートの処理が終了する。

[0066]　図６は、飛行機具１００の飛行の様子を模式的に示す図である。図示の例では、一定の高度で水平飛行している飛行機具１００が着陸するときの様子

を表している。図中Ｇは、目標とする着陸地点である。着陸地点Ｇは、一次元の点であってもよいし、二次元の面であってもよいし、三次元の立体的な空間であってもよい。

[0067] 例えば、時刻ｔ１の時点で、通信部２０２が、外部装置から飛行機具１００を着陸させるためのコマンドを受信したとする。この場合、制御部２３０は、スイープアクチュエータ２１４を制御して翼２０をヨー軸$Ｚ_B$周りに回動させることで、翼２０を機体の前方に移動させる。これによって、飛行機具１００の機首が上がる。
また、制御部２３０は、フォールドアクチュエータ２１８を制御して翼２０を更にピッチ軸$Ｙ_B$方向に翼２０を延伸させる。また、制御部２３０は、飛行機具１００の機首を上げる。これによって、飛行機具１００は、時刻ｔ２、ｔ３、ｔ４のように、機体を持ち上げながら、９０度のピッチアップ状態へと遷移する。この結果、飛行機具１００は、機体全体の抗力が大きくなるため、速やかに減速することができる。制御部２３０は、飛行機具１００がピッチアップ状態となった場合、推力アクチュエータ２１２を制御して、飛行機具１００をホバリングさせながら目的地Ｂに降下させる。

[0068] 以上説明した制御の第１例によれば、翼２０がピッチ軸$Ｙ_B$方向に延伸する。これによって、空気力を得ることで失速を抑制することができる。この結果、飛行機具１００の飛行性能を向上させることができる。

[0069] また、上述した制御の第１例によれば、翼２０をピッチ軸$Ｙ_B$方向に伸縮させるフォールド機構に加えて、更に、翼２０をヨー軸$Ｚ_B$周りに回動させ、翼２０を機体の前後方向に移動させるスイープ機構と、翼２０をピッチ軸$Ｙ_B$周りに回動させ、飛行機具１００に対して翼２０を内旋または外旋させるツイスト機構とを有することで、翼２０の翼面積や形状の変化量を大きくすることができる。この結果、揚力やモーメントの変化が大きくなり、飛行機具１００の機敏性を向上させることができる。

[0070] なお、上述した翼２０は、スイープ動作、ツイスト動作、及びフォールド動作のそれぞれについて、両翼対称または非対称に行うことができる。また

、翼２０は、飛行構造への適用だけでなく、風力または潮流発電ブレードや、その他流体から力を受ける構造に適用可能である。

[0071] ［制御の第２例］

以下、制御の第２例について説明する。制御の第２例では、深層強化学習を用いて、飛行機具１００の姿勢や速度などを基に、スイープ機構、ツイスト機構、及びフォールド機構のそれぞれの制御量を決定する点で上述した制御の第１例と相違する。以下、制御の第１例との相違点を中心に説明し、制御の第１例と共通する点については説明を省略する。なお、制御の第２例の説明において、制御の第１例と同じ部分については同一符号を付して説明する。

[0072] 深層強化学習の一つには、例えば、ＤＱＮ（Deep Q-Network）が含まれる。ＤＱＮとは、Ｑ学習と呼ばれる強化学習において、ある時刻ｔのある状態変数$ｓ_{t}$の下で、ある行動$ａ_{t}$を選択したときの価値を関数として表した行動価値関数Ｑ（$ｓ_{t}$、$ａ_{t}$）を、ニューラルネットワークに近似関数として学習させる手法である。

[0073] 図７は、制御の第２例の飛行制御装置２００Ａの構成の一例を示す図である。制御の第２例の飛行制御装置２００Ａでは、記憶部２０６Ａにモデル情報３００が格納される。

[0074] モデル情報３００は、Ｑ学習によって学習されたモデルＭＤＬを定義した情報（プログラムまたはデータ構造）である。モデルＭＤＬは、例えば、複数の畳み込み層と、それら複数の畳み込み層の出力結果を一つに統合する全結合層とを含むニューラルネットワークによって実現されてよい。

[0075] モデル情報３００には、例えば、各ニューラルネットワークを構成する入力層、一以上の隠れ層（中間層）、出力層の其々に含まれるユニットが互いにどのように結合されるのかという結合情報や、結合されたユニット間で入出力されるデータに付与される結合係数などの各種情報が含まれる。結合情報とは、例えば、各層に含まれるユニット数や、各ユニットの結合先のユニットの種類を指定する情報、各ユニットを実現する活性化関数、隠れ層のユ

ニット間に設けられたゲートなどの情報を含む。ユニットを実現する活性化関数は、例えば、正規化線形関数（ＲｅＬＵ関数）であってもよいし、シグモイド関数や、ステップ関数、その他の関数などであってもよい。ゲートは、例えば、活性化関数によって返される値（例えば１または０）に応じて、ユニット間で伝達されるデータを選択的に通過させたり、重み付けたりする。結合係数は、例えば、ニューラルネットワークの隠れ層において、ある層のユニットから、より深い層のユニットにデータが出力される際に、出力データに対して付与される重みを含む。また、結合係数は、各層の固有のバイアス成分などを含んでもよい。

[0076] モデルＭＤＬは、例えば、状態変数s_tが入力されると、行動価値関数Ｑ（s_t、a_t）を出力するように学習される。

[0077] 状態変数s_tは、例えば、上述した飛行機具１００の現在姿勢q_cや目標姿勢q_r、或いはそれらの偏差q_eである。また、状態変数s_tには、姿勢や偏差に代えて、或いは加えて、飛行機具１００の速度などが含まれてよい。また、検出部２０４にひずみを検出する光ファイバセンサや圧力を検出する圧力センサが含まれている場合、状態変数s_tには、それらセンサから取得可能なひずみや圧力が含まれてよい。ひずみや圧力を含む状態変数s_tは、「変位情報」の一例である。

[0078] 行動a_tは、例えば、スイープ機構の制御量、ツイスト機構の制御量、フォールド機構の制御量、推力装置１０の回転速度、昇降舵の舵角、方向舵の舵角などである。すなわち、行動a_tは、駆動部２１０の各アクチュエータの操作量である。また、行動a_tは、ＰＩＤ制御の比例ゲインK_Pや、積分ゲインK_I、微分ゲインK_D、補正ゲインK_jであってもよい。また、行動a_tは、ＰＩＤ制御やホバリング制御といった種々の制御のうち、いずれの制御を行うのか、或いは行わないのか、といったことを表す指標値であってもよい。

[0079] Ｑ学習は、例えば、翼２０や推力装置１０、昇降舵、方向舵が理想的な状態をとる場合に報酬を高くして、モデルＭＤＬの重みやバイアスを学習する。例えば、決められた着陸地点Ｇの上空において、飛行機具１００の姿勢が

９０度のピッチアップ姿勢であり、飛行機具１００の速度が静止と見做せる程度の速度にあるときには報酬を高くしてよい。一方、飛行機具１００が地面や木々に接触したり、決められていた高度から逸脱したりする状態にあるときには、報酬を低く（例えばゼロ）にしてよい。

[0080] 制御部２３０は、このように行動a_tに応じて報酬が与えられるように学習されたモデルＭＤＬに対して、飛行機具１００の現在姿勢q_cや目標姿勢q_rなどを状態変数s_tとして入力する。これら状態変数s_tが入力されたモデルＭＤＬは、報酬が最も高くなりやすい各アクチュエータの操作量を行動価値関数Ｑ（s_t、a_t）として出力する。

[0081] 制御部２３０は、モデルＭＤＬによって出力された各アクチュエータの操作量を基に、アクチュエータを制御することで、飛行機具１００を飛行させる。

[0082] 以上説明した制御の第２例によれば、予めＱ学習によって学習されたモデルＭＤＬを利用して各アクチュエータを制御するため、鳥の飛行方法により近づけることできる。この結果、飛行機具１００の機敏性を更に向上させることができる。

[0083] また、上述した制御の第２例によれば、スイープ機構、ツイスト機構、及びフォールド機構による飛行動作において、入力とその入力に対する応答としての運動との関係に大きな非線形性を伴うものの、非線形性のある環境下でも適した行動を出力できるようにモデルＭＤＬを学習させることができるため、従来制御では困難であった飛行方式を採用することができる。

[0084] （飛行機具の運営方法）

次に、飛行機具１００と、飛行機具１００に搭載された飛行制御装置２００を用いた運営方法について説明する。本実施形態に係る運営は、図１に示すように、１つの飛行機具１００を複数の使用者Ｈが共有して、出発地Ａから目的地Ｂに向かう際に行われる。

[0085] （使用者によって飛行機具を操作する場合）

まず、飛行機具１００を使用者Ｈが操作することで飛行する場合について

説明する。すなわち、使用者Ｈによるインターフェイスを介した入力を制御部２３０が受理することで飛行する場合について説明する。

まず、１人目の使用者Ｈが出発地Ａから目的地Ｂに移動する。その際、まず、出発地Ａにおいて使用者Ｈが飛行機具１００を装着する。次に、使用者Ｈがインターフェイスを操作して飛行機具１００を起動し、推力装置１０に対して出力を指示することで垂直方向に離陸する。このとき、翼２０はフォールド機構によって格納しておく。出発地Ａの周囲に木などの障害物がある場合、翼２０はフォールド機構によって最大限格納する。離陸時に推力装置１０の後流などによる空気力を得たい場合は、翼２０を展開してもよい。翼２０の展開は、使用者Ｈによって行われてもよいし、飛行機具１００の起動と同時に制御部２３０によって自動的に翼２０を最大限展開することで、使用者Ｈを補助してもよい。

[0086] 飛行機具１００によって十分な高さまで離陸した後、水平飛行に移行する。すなわち、使用者Ｈが翼２０をツイスト機構によってピッチ軸$Ｙ_{B}$方向に回転させたり、スイープ機構によってヨー軸$Ｚ_{B}$方向に回転させたりして、前傾姿勢に移行する。このとき、空気抵抗を少なくするために、飛行中に翼２０を格納してもよい。揚力を得るために、飛行中に翼２０を展開してもよい。

使用者Ｈは飛行中、適宜インターフェイスを操作して、飛行姿勢や飛行高さ、飛行方向や飛行速度を調節する。なおインターフェイスには、現在の飛行位置を表示する地図などが表示されてもよい。

水平飛行により目的地に近づいた後、着陸姿勢に移行する。すなわち、使用者Ｈが翼２０をピッチ軸$Ｙ_{B}$方向に回転させたり、スイープ機構によってヨー軸$Ｚ_{B}$方向に回転させたりして、前傾姿勢から直立姿勢に移行する。このとき、翼２０をフォールド機構によって格納する。目的地Ｂの周囲に木などの障害物がある場合、翼２０はフォールド機構によって最大限格納する。着陸時に推力装置１０の後流などによる空気力を得たい場合は、翼２０を展開してもよい。翼２０の展開は使用者Ｈによって行われてもよいし、使用者Ｈによる翼２０の回転操作によって着陸姿勢に移行したことを制御部２３０が感

知して、自動的に展開することで、使用者Ｈを補助してもよい。

[0087] １人目が飛行機具１００によって目的地Ｂに到着した後は、飛行機具１００が自律制御によって飛行することで、飛行機具１００のみが出発地Ａに帰還する。その後、必要の場合は飛行機具１００に燃料を補給するなどして、２人目の使用者Ｈが飛行機具１００を装着して、目的地Ｂに移動する。

[0088] （飛行機具の自律制御によって飛行する場合）

次に、飛行機具１００の自律制御によって飛行する場合について説明する。自律制御による飛行は、上述のように目的地Ｂから出発地Ａへ飛行機具１００のみが帰還する際に行われてもよいし、使用者Ｈが出発地Ａから目的地Ｂに移動する場合であっても、使用者Ｈが飛行機具１００の操作に習熟していない場合等に行われてもよい。

まず、目的地Ｂに到着した１人目の使用者Ｈが、飛行機具１００を取り外す。次に、飛行機具１００に対して帰還を指示する。具体的には、インターフェイスを介して制御部２３０に入力することで、飛行機具１００を自律制御に移行する。あるいは、使用者Ｈが飛行機具１００を取り外したことを検出部２０４によって検知して、自動的に自律制御に移行してもよい。

[0089] 自律制御に移行した飛行機具１００は、上述の各機能を用いて出発地Ａに帰還する。すなわち、制御部２３０が、駆動部２１０を制御して離陸し、記憶部２０６に記憶された目的地Ｂ及び出発地Ａの情報と、検出部２０４によって検知する飛行機具１００の現在位置の情報と、を参照して、駆動部２１０によって進行方向を適宜調節し、出発地Ａへ近づいたことを検出部２０４によって把握すると降下し、着陸する。

使用者Ｈが飛行機具１００の自律制御によって出発地Ａから目的地Ｂに移動する場合も、同様の制御によって飛行する。この場合は、自動制御によって出発地Ａから目的地Ｂに移動することを、インターフェイスを介して制御部２３０に指示する。

[0090] 記憶部２０６への出発地Ａ及び目的地Ｂの登録は、次のように行われる。すなわち、出発前に予め目的地Ｂが決まっている場合には、飛行機具１００

による飛行開始前にインターフェイスを介して、又は通信部２０２によって記憶部２０６に出発地Ａ及び目的地Ｂを登録してもよい。出発前に目的地Ｂが決まっていない場合（例えば、救助隊員が飛行機具１００を使用するような場合に、救助者の位置が不明で、空中から救助者を捜索する必要があるような場合）は、予め出発地Ａのみ記憶部２０６に登録する。その後、１人目の使用者Ｈが使用後にインターフェイスを介して記憶部２０６に登録してもよいし、飛行機具１００が最初に着陸した場所を検出部２０４によって検知し、自動的に記憶部２０６に登録してもよい。

[0091] また、使用者Ｈが飛行中に目的地Ｂを変更する必要が生じた場合は、通信部２０２によって記憶部２０６への登録内容を変更してもよい。また、使用者Ｈが飛行機具１００の操作に習熟していない場合に、操作に習熟した別の人間が地上において通信部２０２によって飛行操作を行ってもよい。

[0092] 以上説明したように、本実施形態に係る飛行機具１００によれば、翼２０を備えることで、飛行時に空気力を受けることができる。よって、翼２０を備えず、ロケットのような弾丸軌道を飛行する場合と比較して、効果的かつ安定的に姿勢制御をすることができる。また、垂直離着陸を初めとした離着陸時においても、姿勢を安定させることができる。更に、翼２０によって揚力が生じることで、飛行に必要な推力を削減し、推力装置１０の燃費を向上することができる。よって、飛行時間、滞空時間を向上することができる。これらから、高い飛行性能を備えることができる。

[0093] また、制御部２３０によって推力の強さを制御する。これにより、使用者Ｈによっては加速又は減速といった単純な操作と、翼２０による方向転換のみを操作すればよいことから、より直感的な操作とすることができる。よって、高い操縦技能を必要としない飛行機具１００とすることができる。

更に、使用者Ｈが容易に着脱可能な着脱部３０を備える。これにより、複数人によって飛行機具１００を共有することができる。

[0094] また、制御部２３０が、翼２０による飛行姿勢及び飛行方向の制御と、推力装置１０の出力の制御と、を制御する。これにより、飛行機具１００によ

る自律飛行が可能である。これにより、使用者Ｈによって操作を行うことなく飛行することができる。よって、使用者Ｈの操縦技能を不要とすることができる。

[0095] 更に、使用者Ｈに装着されず、飛行機具１００のみによって自律単独飛行することができる。つまり、複数の使用者Ｈ（例えば、救助隊員）が出発地Ａから目的地Ｂに移動しようとするとき、一人の使用者Ｈが出発地Ａから目的地Ｂまで移動した後、飛行機具１００のみが自律飛行によって出発地Ａに戻ることができる。よって、出発地Ａから目的地Ｂまで複数の使用者Ｈが移動する時であっても、１つの飛行機具１００によって対応することができる。よって、飛行機具１００を複数準備することなく、効率的な救助活動などに寄与することができる。

[0096] また、姿勢センサを更に備える。姿勢センサの検知する情報を制御部２３０による制御に用いることで、より安定した自律飛行とすることができる。更に、使用者Ｈによる操縦によって飛行する際も、姿勢センサの情報を補助的に用いることで、より安定した飛行とすることができる。

[0097] また、位置センサを更に備える。これにより、例えば、出発地Ａ及び目的地Ｂを予め飛行機具１００に登録することで、制御部２３０によって最短経路を選択した飛行をすることができる。

[0098] また、通信部２０２を更に備える。これにより、使用者Ｈによる操縦や、制御部２３０による制御による飛行に加えて、外部からの遠隔操作による飛行を行うことができる。

[0099] また、翼２０は折り畳みが可能である。よって、飛行機具１００を運搬する際の機動性を向上することができる。さらに、高速飛行時は翼２０を格納することで抵抗を減らし、低速飛行時や離着陸時は翼２０を展開して空気力を得やすくするといった操作をすることができる。よって、より機動性を向上することができる。

[0100] また、使用者Ｈが飛行機具１００を装着して飛行機具によって出発地Ａから目的地Ｂまで飛行した後、飛行機具１００のみが目的地Ｂから出発地Ａま

で飛行する。これにより、複数の使用者Ｈによって１つの飛行機具１００を共有することができる。よって、飛行機具１００を複数用意することを必要とせず、複数の人員を移動させることができる。

[0101] なお、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、使用者Ｈによる操縦によって飛行するモードと、制御部２３０による自律飛行モードとを切り替え可能としてもよい。

また、飛行中に使用者Ｈが何らかの方法で、位置センサの出力する位置情報における任意の地点を随時記録できるようにしてもよい。これにより、例えば、使用者Ｈが上空で要救助者等を発見した地点を記録部に登録することで、より効率的な救助活動に寄与できるようにしてもよい。

また、翼２０は、使用者Ｈの体格や飛行現場の天候等によって交換が可能であってもよい。

また、飛行機具１００は、尾翼を備えていてもよい。例えば、使用者Ｈが飛行機具１００を装着しているときは前記尾翼を格納して、自律単独飛行を行う際に前記尾翼を展開するようにしてもよい。

また、使用者Ｈは、飛行中に空中において飛行機具１００を体から取り外してもよい。その後、使用者Ｈはパラシュート等によって目的地Ｂに降下してもよい。その際、飛行機具１００は、使用者Ｈから取り外されたことを検知して、自動飛行により帰還してもよい。

[0102] その他、本発明の趣旨に逸脱しない範囲で、前記実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、前記した変形例を適宜組み合わせてもよい。

産業上の利用可能性

[0103] 本発明によれば、高い飛行性能を有し、習熟に長時間を要する高い操縦技能を必要としない飛行機具を提供することができる。

符号の説明

[0104] １０　推力装置

２０　翼

３０　着脱部

１００　飛行機具

２３０　制御部

Ａ　出発地

Ｂ　目的地

Ｈ　使用者

請求の範囲

［請求項1］ 飛行時の推力を付与する推力装置と、
飛行時の姿勢を維持し、かつ飛行する方向を転換する翼と、
前記推力装置の出力の強さを制御する制御部と、
使用者が着脱可能な着脱部と、
を備える、
飛行機具。

［請求項2］ 前記制御部が、前記翼による飛行姿勢及び飛行方向と、前記推力装置の出力と、を制御する、
請求項１に記載の飛行機具。

［請求項3］ 前記飛行機具の姿勢を検知する姿勢センサを更に備える、
請求項１又は２に記載の飛行機具。

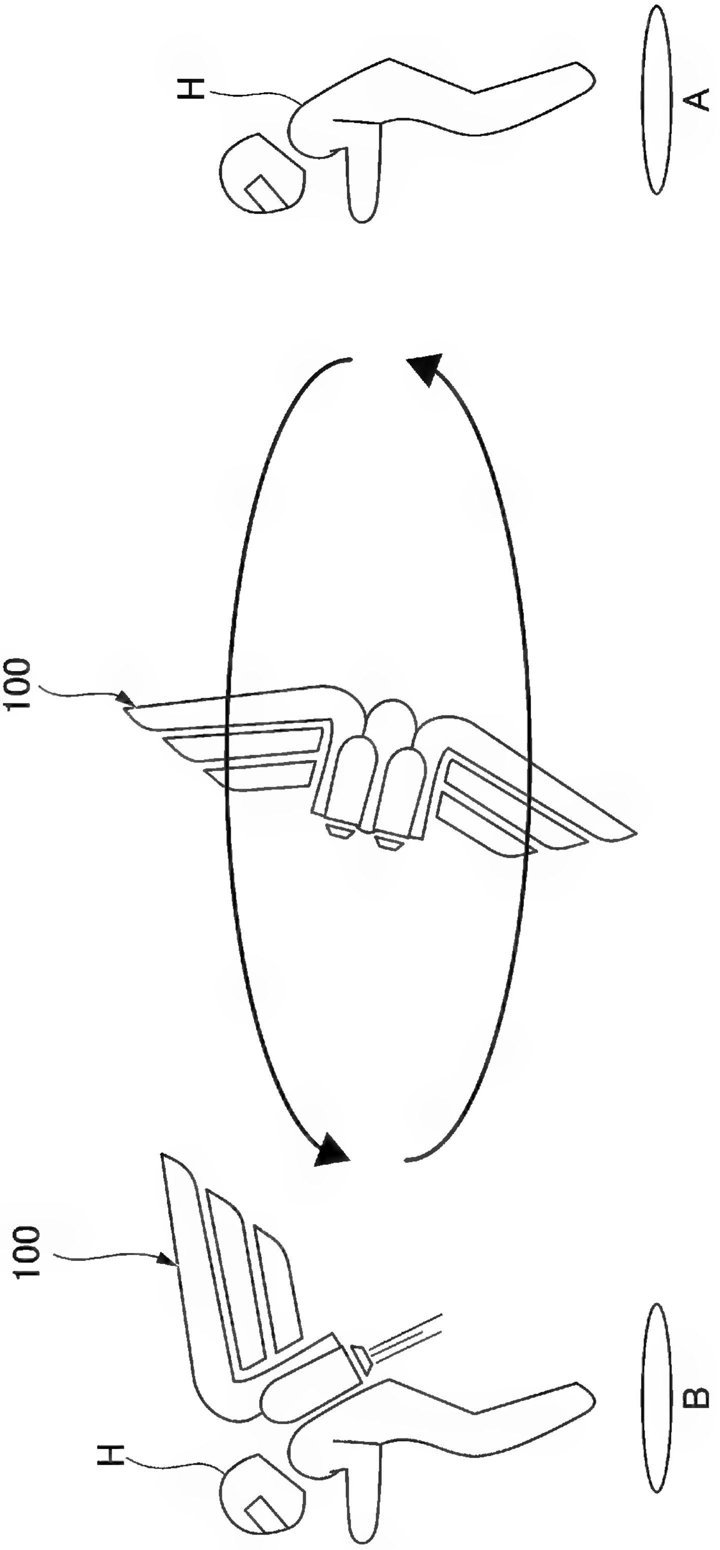
［請求項4］ 飛行する地点を把握する位置センサを更に備える、
請求項１から３のいずれか１項に記載の飛行機具。

［請求項5］ 外部と通信する通信部を更に備える、
請求項１から４のいずれか１項に記載の飛行機具。

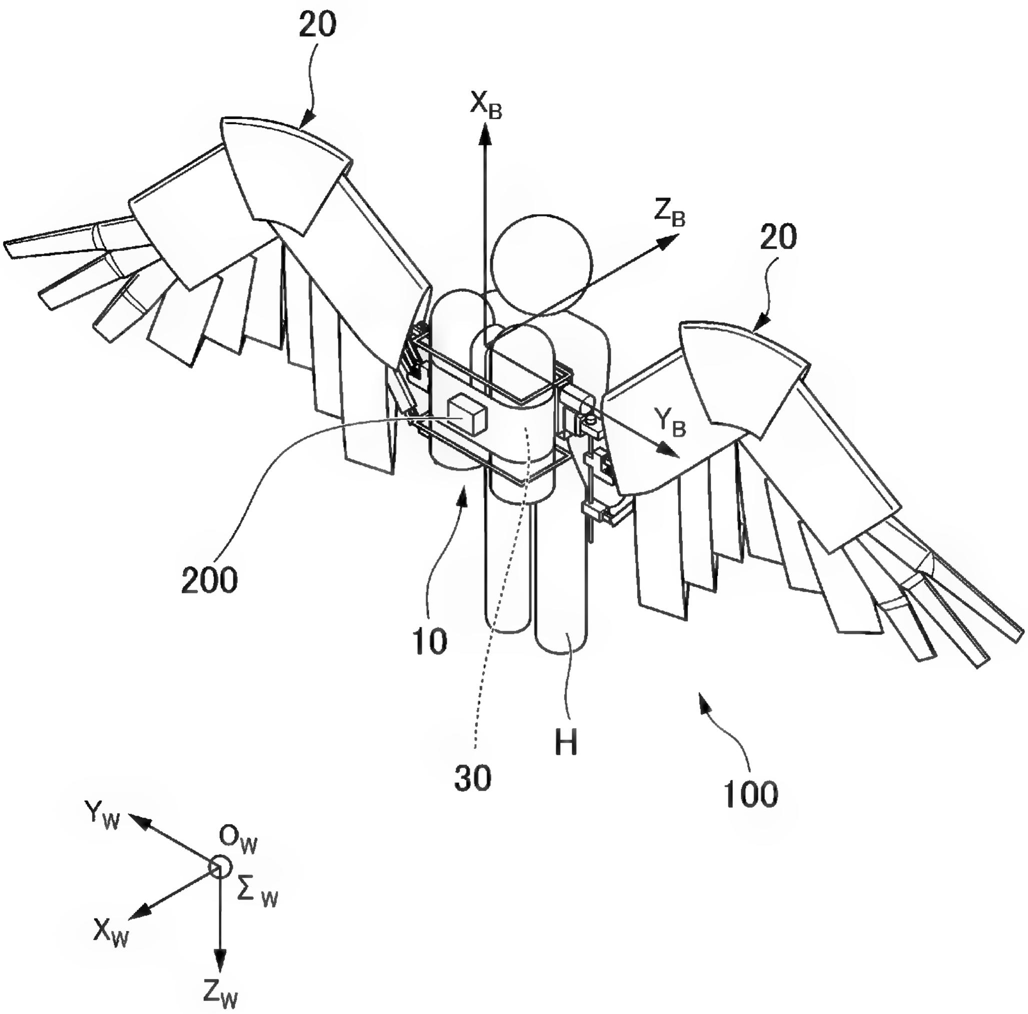
［請求項6］ 前記翼は折り畳みが可能である、
請求項１から５のいずれか１項に記載の飛行機具。

［請求項7］ 請求項１から６のいずれか１項に記載の飛行機具を複数の前記使用者が共有する運営方法であって、
使用者が前記飛行機具を装着して前記飛行機具によって出発地から目的地まで飛行した後、前記飛行機具のみが前記目的地から前記出発地まで飛行する、
運営方法。

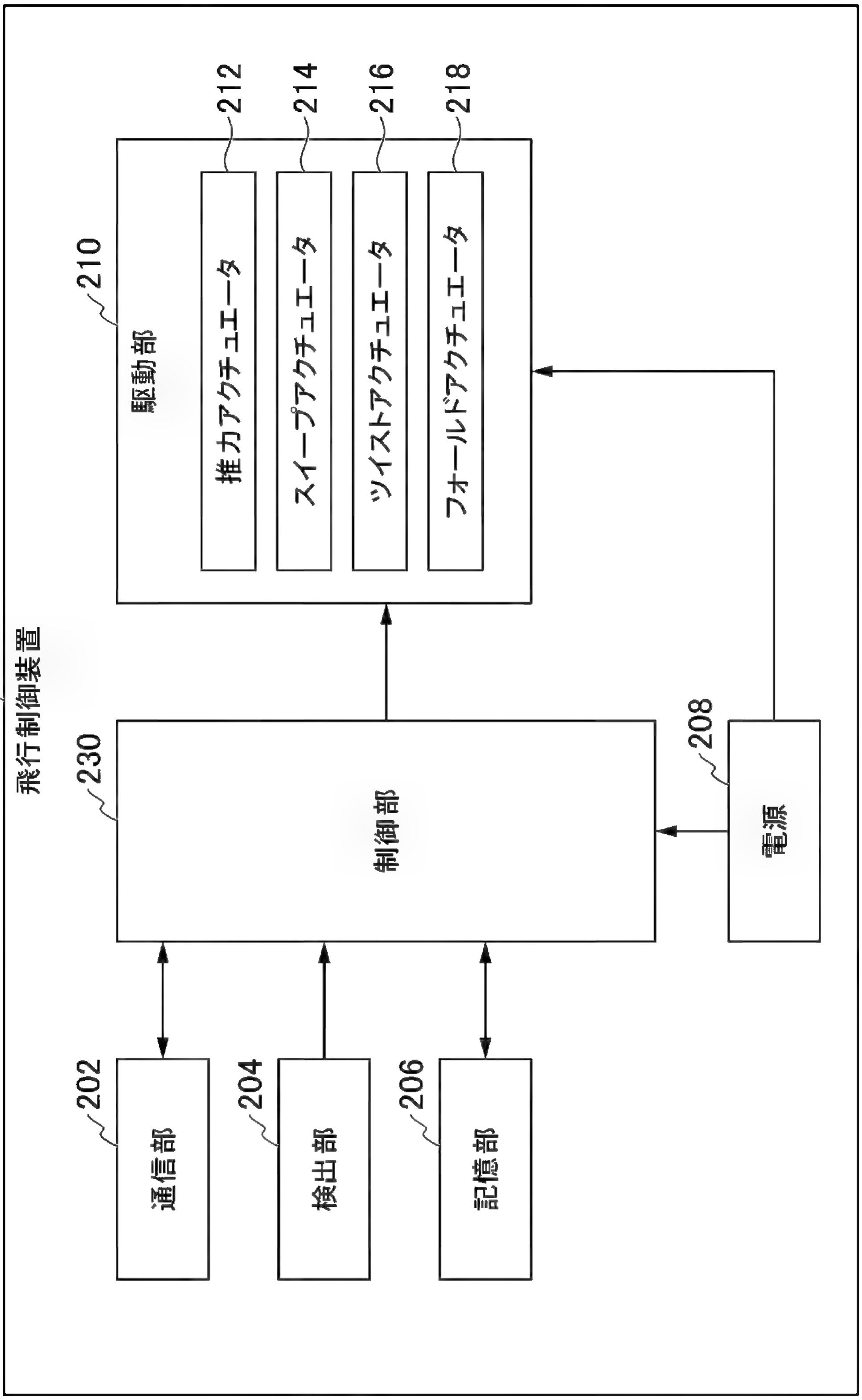
［図1］



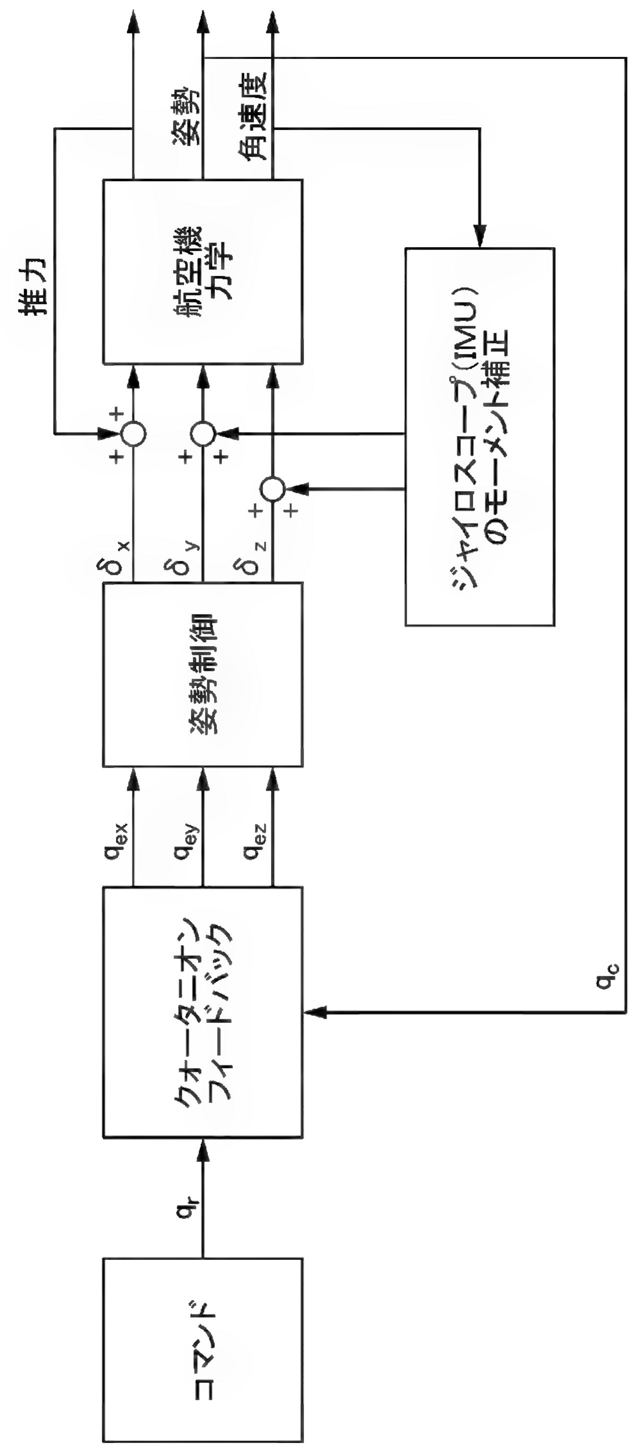
[図2]



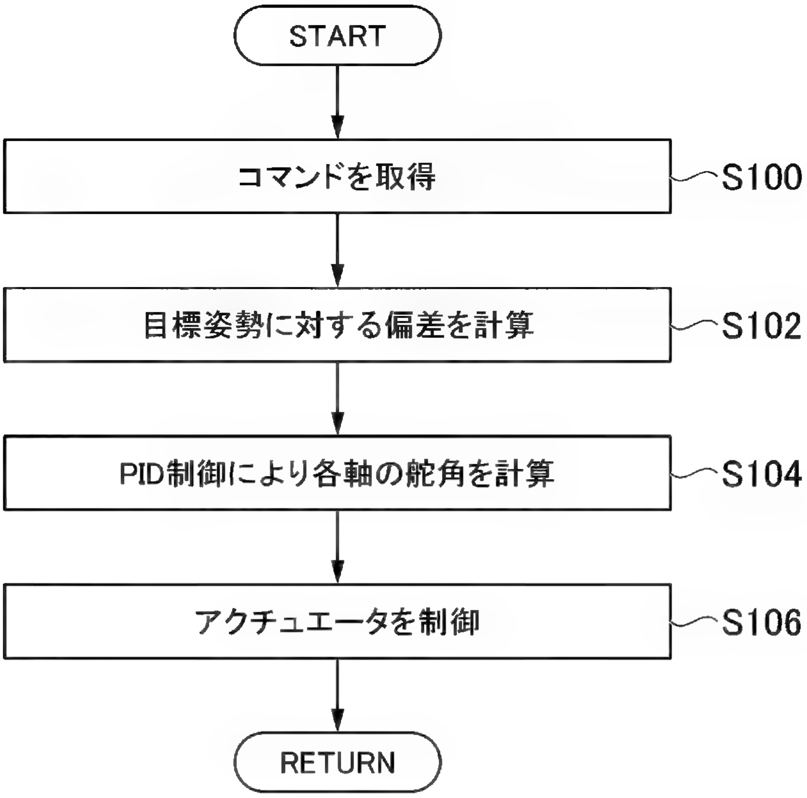
[図3]


200
飛行制御装置
210
駆動部
212
推力アクチュエータ
214
スイープアクチュエータ
216
ツイストアクチュエータ
218
フォールドアクチュエータ
230
制御部
208
電源
202
通信部
204
検出部
206
記憶部

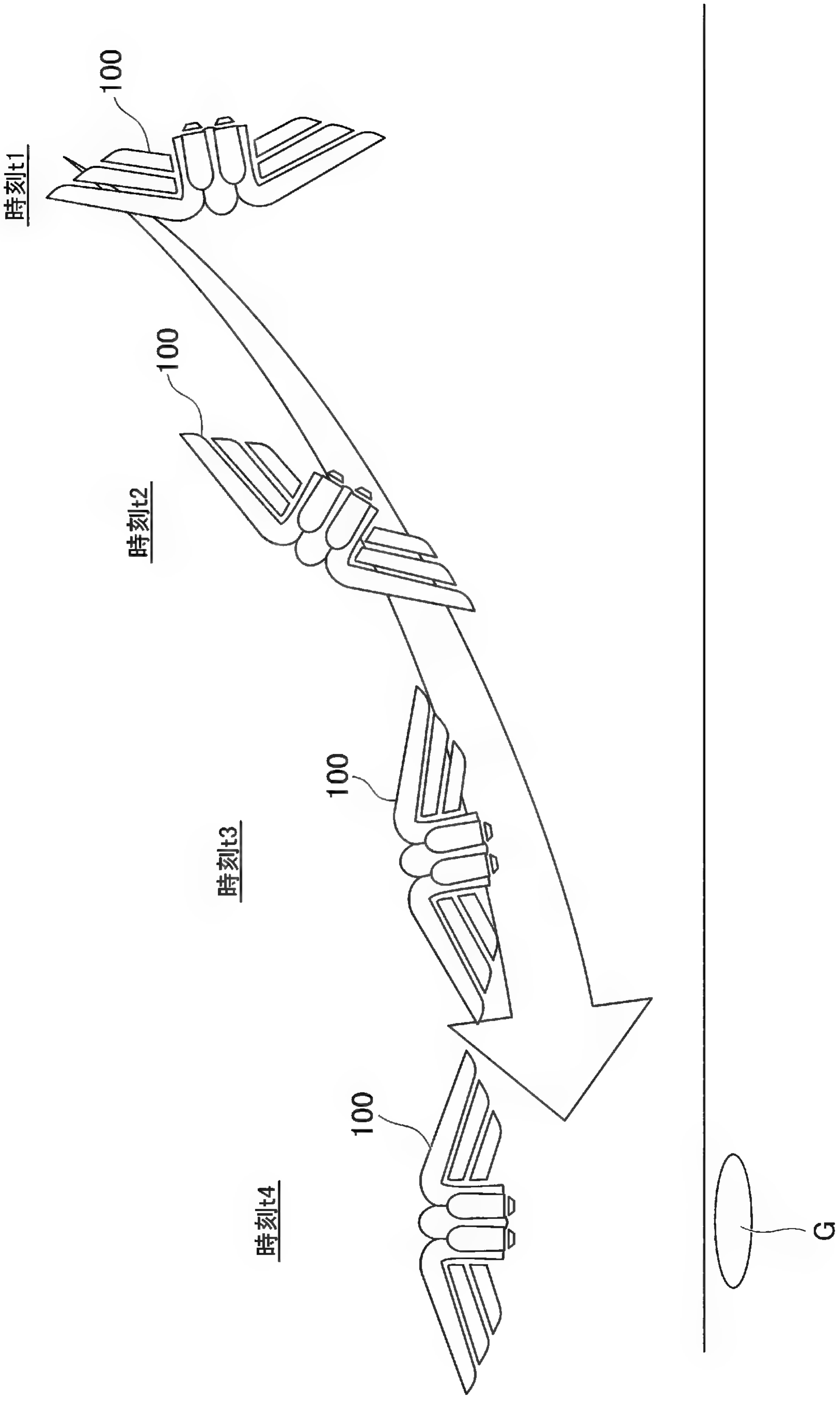
［図4］


コマンド
q_r
クォータニオン
フィードバック
q_c
q_{ex}
q_{ey}
q_{ez}
姿勢制御
δ_x
δ_y
δ_z
ジャイロスコープ（IMU）
のモーメント補正
航空機
力学
推力
姿勢
角速度
+
+

[図5]

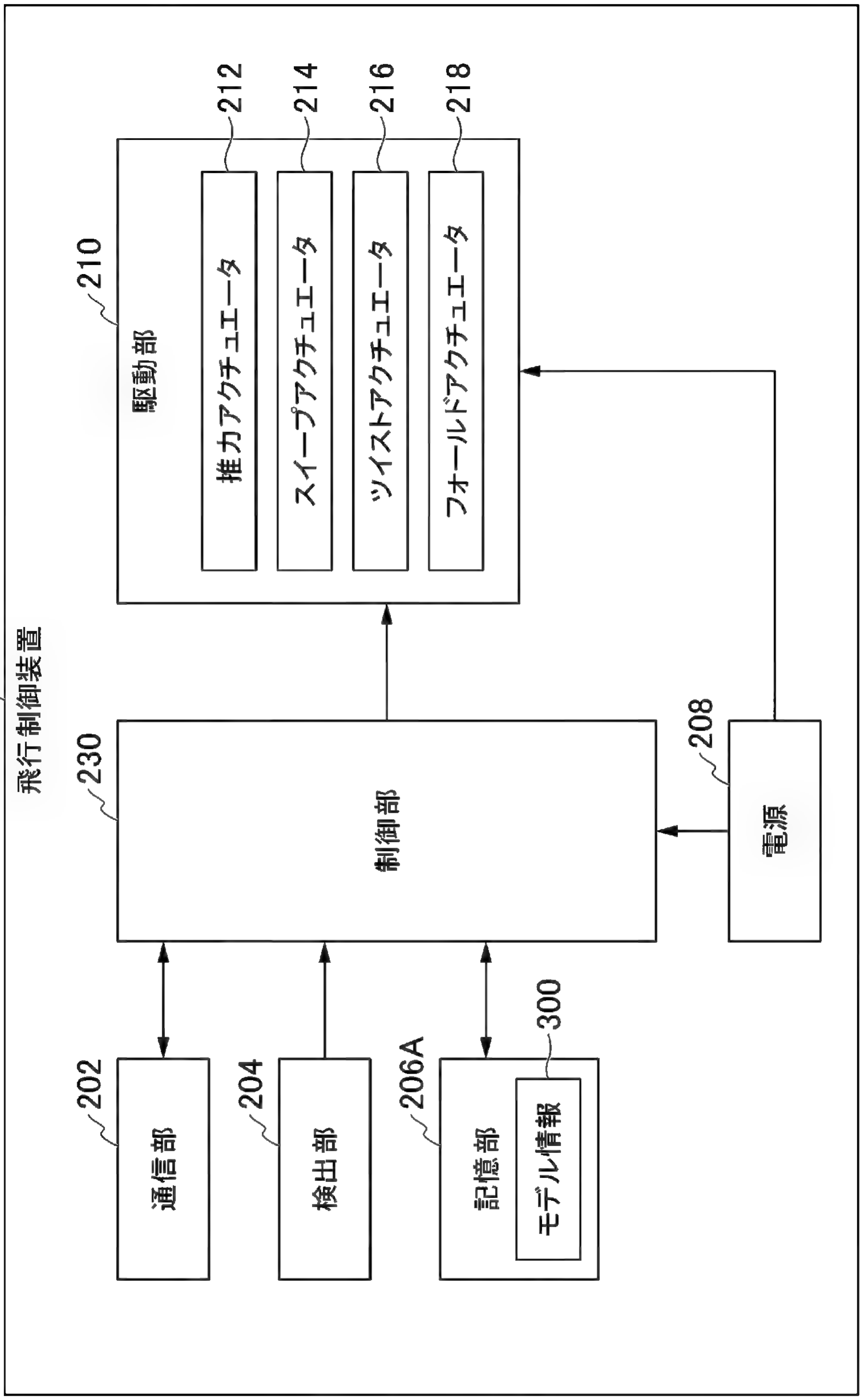

START
コマンドを取得
S100
目標姿勢に対する偏差を計算
S102
PID制御により各軸の舵角を計算
S104
アクチュエータを制御
S106
RETURN

[図6]



WO 2023/282294 PCT/JP2022/026858

［図7］



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/026858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64C 29/04(2006.01)i; ***B64C 3/56***(2006.01)i; ***B64C 39/00***(2006.01)i; ***B64C 39/02***(2006.01)i; ***G08G 5/00***(2006.01)i
FI: B64C29/04; B64C39/00 Z; G08G5/00 A; B64C3/56; B64C39/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64C29/04; B64C3/56; B64C39/00; B64C39/02; G08G5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 4253625 A (DMITROWSKY, Igor) 03 March 1981 (1981-03-03) columns 2-5, fig. 1-16	1 2-7
Y	JP 2017-15528 A (TOPCON CORP) 19 January 2017 (2017-01-19) paragraphs [0026]-[0047], fig. 1-4	2-5, 7
Y	JP 2020-183159 A (UNIV TOKYO) 12 November 2020 (2020-11-12) paragraphs [0028]-[0033], fig. 5-6	6
A	US 6685135 B2 (GEISSLER, Alban) 03 February 2004 (2004-02-03)	1–7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 August 2022	**30 August 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/026858

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 4253625 A	03 March 1981	(Family: none)	
JP 2017-15528 A	19 January 2017	US 2017/0001723 A1 paragraphs [0034]-[0055], fig. 1-4 EP 3112967 A1	
JP 2020-183159 A	12 November 2020	(Family: none)	
US 6685135 B2	03 February 2004	WO 1999/024319 A1 DE 19749936 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/026858

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64C 29/04(2006.01)i; B64C 3/56(2006.01)i; B64C 39/00(2006.01)i; B64C 39/02(2006.01)i;
G08G 5/00(2006.01)i
FI: B64C29/04; B64C39/00 Z; G08G5/00 A; B64C3/56; B64C39/02

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64C29/04; B64C3/56; B64C39/00; B64C39/02; G08G5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	US 4253625 A (DMITROWSKY, Igor) 03.03.1981 (1981-03-03) 第2-5欄, 図1-16	1 2-7
Y	JP 2017-15528 A (株式会社トプコン) 19.01.2017 (2017-01-19) 段落[0026]-[0047], 図1-4	2-5, 7
Y	JP 2020-183159 A (国立大学法人 東京大学) 12.11.2020 (2020-11-12) 段落[0028]-[0033], 図5-6	6
A	US 6685135 B2 (GEISSLER, Alban) 03.02.2004 (2004-02-03)	1-7

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
17.08.2022	30.08.2022

名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）
日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	諸星　圭祐 3D 5784 電話番号 03-3581-1101 内線 3339

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/026858

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 4253625 A	03.03.1981	（ファミリーなし）	
JP 2017-15528 A	19.01.2017	US 2017/0001723 A1 段落[0034]-[0055]，図1-4 EP 3112967 A1	
JP 2020-183159 A	12.11.2020	（ファミリーなし）	
US 6685135 B2	03.02.2004	WO 1999/024319 A1 DE 19749936 A1	